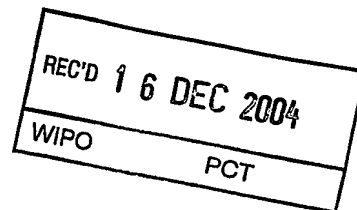


904P1664W000

PCT/JP2004/018101  
30.11.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年 1 2 月    3 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 4 0 4 6 9 3  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 3 - 4 0 4 6 9 3 ]

出 願 人      ソニー株式会社  
Applicant(s):

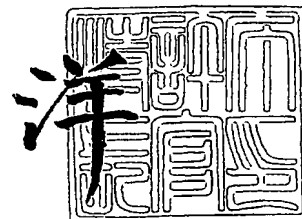
JP04/18101

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年    8 月 1 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 7 4 8 3 5

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0390784202  
【提出日】 平成15年12月 3日  
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿  
【国際特許分類】 H01S 3/0941  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内  
    【氏名】 田中 富士  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内  
    【氏名】 高橋 和夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内  
    【氏名】 竹谷 元伸  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000002185  
    【氏名又は名称】 ソニー株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100082762  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 杉浦 正知  
    【電話番号】 03-3980-0339  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100120640  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 森 幸一  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 043812  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0201252

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

活性層を含む複数の層を有する半導体レーザ素子と、  
前記半導体レーザ素子の発光面に対向して設けられる窓ガラスと、  
前記半導体レーザ素子から出射され、前記窓ガラスを通過した光を受光し、当該受光した光のうち特定の波長を前記半導体レーザ素子に戻すように配置されたグレーティングと

、  
前記半導体レーザ素子と前記グレーティングとの間に配置され、前記半導体レーザ素子からの光を集光するレンズとを有し、

前記窓ガラスが、

前記半導体レーザ素子の前記活性層と他の層との境界面の少なくとも1つと平行な面に対してほぼ垂直な第1の軸に対して平行となり、前記半導体レーザ素子の前記活性層と他の層との前記境界面の少なくとも1つに対してほぼ平行で、前記半導体レーザ素子の前記発光面に対してほぼ平行で、かつ前記第1の軸と直交する第2の軸に対して平行とならない第1の状態、

または前記第1の軸に対して平行とならず、かつ前記第2の軸に対してほぼ平行となる第2の状態で配置されることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、  
前記窓ガラスが、前記第1の状態で配置され、  
前記窓ガラスの面と前記第2の軸のなす角度が $5^{\circ}$  ないし $12^{\circ}$  であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 3】**

請求項 1 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、  
前記窓ガラスが、前記第2の状態で配置され、  
前記窓ガラスの面と前記第1の軸のなす角度が $1^{\circ}$  ないし $1.6^{\circ}$  であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 4】**

請求項 1 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、  
前記半導体レーザ素子が、前記グレーティングに対してS波を提供するように、前記半導体レーザ素子および前記グレーティングの配置が決定されていることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 5】**

請求項 1 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、  
前記半導体レーザ素子が、少なくとも45 mWの出力パワーを備え、少なくとも45 mW以下の出力パワーで光を出射している場合にキックを発生しないように構成されていることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、  
前記半導体レーザ素子がレーザ・ダイオードであり、  
前記レーザ・ダイオードは、キックの発生を抑止するために、リッジの側面が2層構造の絶縁膜で埋め込まれており、ストライプ幅Wが $1.6\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 7】**

請求項 1 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、  
前記半導体レーザ素子がレーザ・ダイオードであり、  
前記レーザ・ダイオードの発光面の反射率が3%以下であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

**【請求項 8】**

請求項 1 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、

前記レンズの開口数が0.3ないし0.7であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項9】

請求項1に記載の外部共振器型半導体レーザーにおいて、外部共振器長が、10mmないし30mmであることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項10】

請求項9に記載の外部共振器型半導体レーザーにおいて、外部共振器長が、10mmないし20mmであることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項11】

請求項1に記載の外部共振器型半導体レーザーにおいて、前記グレーティングの1次回折光の反射率が、10%ないし30%であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項12】

請求項1に記載の外部共振器型半導体レーザーにおいて、前記半導体レーザー素子が、青色レーザー・ダイオードであることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項13】

活性層を含む複数の層を有するレーザー・ダイオードと、  
前記レーザー・ダイオードの発光面に対向して設けられる窓ガラスと、  
前記レーザー・ダイオードから出射され、前記窓ガラスを通過した光を受光し、当該受光した光のうち特定の波長を前記レーザー・ダイオードに戻すように配置されたグレーティングと、  
前記レーザー・ダイオードと前記グレーティングとの間に配置され、前記レーザー・ダイオードからの光を集光するレンズとを有し、  
前記窓ガラスが、  
前記レーザー・ダイオードの前記活性層と他の層との境界面の少なくとも1つと平行な面に対してほぼ垂直な第1の軸に対して平行となり、前記レーザー・ダイオードの前記活性層と他の層との前記境界面の少なくとも1つに対してほぼ平行で、前記レーザー・ダイオードの前記発光面に対してほぼ平行で、かつ前記第1の軸と直交する第2の軸に対して平行としない第1の状態、  
または前記第1の軸に対して平行とならず、かつ前記第2の軸に対してほぼ平行となる第2の状態で配置され、  
前記レーザー・ダイオードが、前記グレーティングに対してS波を提供するように、前記レーザー・ダイオードおよび前記グレーティングの配置が決定され、  
前記レーザー・ダイオードが、少なくとも45mWの出力パワーを備え、少なくとも45mW以下の出力パワーで光を出射している場合にキックを発生しないように構成され、  
前記レーザー・ダイオードの発光面の反射率が3%以下であり、  
前記レンズの開口数が0.3ないし0.7であり、  
外部共振器長が、10mmないし30mmであり、  
前記グレーティングの1次回折光の反射率が、10%ないし30%であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項14】

請求項13に記載の外部共振器型半導体レーザーにおいて、前記レーザー・ダイオードが、青色レーザー・ダイオードであることを特徴とする外部共振器型半導体レーザー。

【請求項15】

請求項13に記載の外部共振器型半導体レーザーにおいて、前記窓ガラスが、前記第1の状態で配置され、

前記窓ガラスの面と前記第 2 の軸のなす角度が  $5^{\circ}$  ないし  $12^{\circ}$  であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

【請求項 16】

請求項 13 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、

前記窓ガラスが、前記第 2 の状態で配置され、

前記窓ガラスの面と前記第 1 の軸のなす角度が  $1^{\circ}$  ないし  $1.6^{\circ}$  であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

【請求項 17】

請求項 13 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、

前記レーザ・ダイオードは、キンクの発生を抑止するために、リッジの側面が 2 層構造の絶縁膜で埋め込まれており、ストライプ幅  $W$  が  $1.6\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

【請求項 18】

請求項 13 に記載の外部共振器型半導体レーザにおいて、

外部共振器長が、 $10\ \text{mm}$  ないし  $20\ \text{mm}$  であることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

## 【書類名】 明細書

## 【発明の名称】 外部共振器型半導体レーザ

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、青色レーザ・ダイオード（LD:laser diode）を含む外部共振器型半導体レーザに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、半導体レーザは、小型でかつ低消費電力である等の理由から、情報機器に多く使われるようになってきた。こうした半導体レーザのなかには、外部から所定の波長の光を入射することによって半導体レーザの発振光の波長を安定化する外部共振器型半導体レーザがある。

## 【0003】

ここで、代表的な Littrow 型の半導体レーザについて、図 9 を参照して説明する。例えば、レーザ・ダイオード 100 のような半導体レーザ素子から出射された縦多モードのレーザ光（発振光）がレンズ（コリメートレンズ）101 によって平行に集められ、グレーティング（回折格子）102 に入射される。グレーティング 102 は、その配置角度に応じて、入射した光のうち、特定の波長を有する光を 1 次回折光 103 として出力する。この 1 次回折光 103 は、レンズ 101 を介してレーザ・ダイオード 100 に逆注入される。この結果、レーザ・ダイオード 100 が、注入された 1 次回折光に共振して単一モードの光を出射するようになり、その光の波長は、グレーティング 102 からの 1 次回折光 103 の波長と同じになる。さらに、グレーティング 102 に入射したレーザ光の残りは、0 次光 104 となり、入射角と同じ角度で反射される。

## 【0004】

ここで、従来より市販されている代表的な外部共振器型半導体レーザを含むレーザ・システムの構成を、図 10 および図 11 を参照して説明する。図 10 は、レーザ・システム 120 の平面図であり、図 11 は、図 10 に示す矢印 C の方向に沿って見たレーザ・システム 120 の正面図である。このレーザ・システム 120 の構成は、非特許文献 1 に記載されたレーザ・システムの構成と同様のものである。

## 【0005】

【非特許文献 1】 L. Ricci, et al. : "A compact grating-stabilized diode laser system for atomic physics", Optics Communications, 117 1995, pp541-549

## 【0006】

図 10 および図 11 に示すレーザ・システム 120 は、レーザ・ダイオード 121、レンズ（コリメートレンズ）122、グレーティング 123、第 1 支持部 124、第 1 ネジ 125、第 1 溝 126、第 2 支持部 127、第 2 ネジ 128、および第 2 溝 129 を含むレーザ部 130 と、ペルチェ素子 141、ヒートシンク 142 を含む温度制御部 143 からなる。

## 【0007】

図 10 および図 11 から分かるように、レーザ・システム 120 は、光学部品（レンズ 122、グレーティング 123 等）をレーザ・システム 120 の設置面に対して水平に配置しており、レーザ光の光路は、当該設置面に対してほぼ水平となる。さらに、温度制御部 143 がレーザ部 130 の下側に配置されている。温度制御部 143 によって温度が制御されているのは、レーザ・ダイオード 121、レンズ 122 等のレーザ部 130 の各構成要素である。また、温度制御部 143 によりレーザ・ダイオード 121 の温度が一定に保たれることによって光源の安定化が図られる。

## 【0008】

レーザ・システム 120 はまた、図 9 に示したように、グレーティング 123 の配置角度を変えることにより、グレーティング 123 からレーザ・ダイオード 121 へ向かう 1 次回折光の波長が変化し、その結果、レーザ・ダイオード 121 の発振光の波長が調整さ

れる。グレーティング123で反射した0次光Dは、外部への出射光となる。

#### 【0009】

グレーティング123は、第1支持部124に保持されている。第1支持部124には第1溝126が設けられており、同じく第1支持部124に設けられた第1ネジ125を回転させることにより、第1溝126の間隔が部分的に広がり（あるいは狭まり）、それによってグレーティング123の水平方向の配置角度が僅かに変化する。

#### 【0010】

同様の機構が、グレーティング123の垂直方向の角度を調整するために設けられている。グレーティング123を保持する第1支持部124は、第2支持部127に保持されている。第2支持部127には第2溝129が設けられており、同じく第2支持部127に設けられた第2ネジ128を回転させることにより、第2溝129の間隔が部分的に広がり（あるいは狭まり）、それによって第1支持部124およびグレーティング123の垂直方向の配置角度が僅かに変化する。

#### 【0011】

ここで、レーザ・ダイオード121として青色レーザ・ダイオードを使用したものが、いくつかのメーカによって開発され、光ディスク等に使用され始めている。また、上記のように、外部共振器を備えたレーザ・システムを構成することによって、シングル性（単一モードのレーザ光）が要求されるホログラフィメモリ用ライタ等の用途にも利用可能となってきた。

#### 【0012】

また、市販されている同型のレーザ・システムの最大出力は、カタログ上、15mWまでである。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0013】

しかしながら、外部共振器型半導体レーザを実際にホログラフィメモリ用ライタ等の用途に利用するためには、30mW以上のレーザ出力が必要とされ、従来の外部共振器型半導体レーザは、このような出力レベルには到達していない。

#### 【0014】

また、外部共振器型半導体レーザは、外部共振器によって単一モードを実現させているが、様々な要因によって十分な単一モード特性が得られない場合がある。

#### 【0015】

従って、この発明の目的は、従来の外部共振器型半導体レーザより出力が大きく、または良好な単一モード特性が得られるという2つの特徴を有する外部共振器型半導体レーザ、あるいは上記特徴のうち1つを有する外部共振器型半導体レーザを提供することにある。

#### 【0016】

さらに、この発明の目的は、外部に射出されるレーザ光の出力が30mW以上であり、ホログラフィメモリ用ライタ等の用途に利用可能な外部共振器型半導体レーザを提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0017】

この発明は、活性層を含む複数の層を有する半導体レーザ素子と、半導体レーザ素子の発光面に対向して設けられる窓ガラスと、半導体レーザ素子から出射され、窓ガラスを通過した光を受光し、受光した光のうち特定の波長を半導体レーザ素子に戻すように配置されたグレーティングと、半導体レーザ素子とグレーティングとの間に配置され、半導体レーザ素子からの光を集光するレンズとを有し、窓ガラスが、半導体レーザ素子の活性層と他の層との境界面の少なくとも1つと平行な面に対してほぼ垂直な第1の軸に対して平行となり、半導体レーザ素子の活性層と他の層との境界面の少なくとも1つに対してほぼ平行で、半導体レーザ素子の発光面に対してほぼ平行で、かつ第1の軸と直交する第2の軸

に対して平行とならない第1の状態、または第1の軸に対して平行とならず、かつ第2の軸に対してほぼ平行となる第2の状態に配置されるように構成される外部共振器型半導体レーザーである。

#### 【0018】

この発明は、活性層を含む複数の層を有するレーザー・ダイオードと、レーザー・ダイオードの発光面に対向して設けられる窓ガラスと、レーザー・ダイオードから出射され、窓ガラスを通過した光を受光し、当該受光した光のうち特定の波長をレーザー・ダイオードに戻すように配置されたグレーティングと、レーザー・ダイオードとグレーティングとの間に配置され、レーザー・ダイオードからの光を集光するレンズとを有し、窓ガラスが、レーザー・ダイオードの活性層と他の層との境界面の少なくとも1つと平行な面に対してほぼ垂直な第1の軸に対して平行となり、レーザー・ダイオードの活性層と他の層との境界面の少なくとも1つに対してほぼ平行で、レーザー・ダイオードの発光面に対してほぼ平行で、かつ第1の軸と直交する第2の軸に対して平行とならない第1の状態、または第1の軸に対して平行とならず、かつ第2の軸に対してほぼ平行となる第2の状態に配置され、レーザー・ダイオードが、グレーティングに対してS波を提供するように、レーザー・ダイオードおよびグレーティングの配置が決定され、レーザー・ダイオードが、少なくとも45mWの出力パワーを備え、少なくとも45mW以下の出力パワーで光を出射している場合にキックを発生しないように構成され、レーザー・ダイオードの発光面の反射率が3%以下であり、レンズの開口数が0.3ないし0.7であり、外部共振器長が、10mmないし30mmであり、グレーティングの1次回折光の反射率が、10%ないし30%であるように構成される外部共振器型半導体レーザーである。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

この発明によれば、従来の外部共振器型半導体レーザーより出力が大きく、良好な単一モード特性が得られるという2つの特徴を備えた外部共振器型半導体レーザー、あるいは、この2つの特徴のうち1つを備えた外部共振器型半導体レーザーが提供される。さらに、この発明によれば、外部に射出されるレーザー光の出力が30mW以上であり、ホログラフメモリ用ライタ等の用途に利用可能な外部共振器型半導体レーザーが提供される。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0020】

この発明は、半導体レーザー素子を含む外部共振器型半導体レーザーの構成にいくつかの改良（最適化を含む）を加え、出力の増大、単一モード特性の向上を実現するものである。ここでは、外部共振器型半導体レーザーとは、例えば、レーザー・ダイオードといった半導体レーザー素子を用いた半導体レーザー、レンズ、およびグレーティングが、図9に示すような位置関係に配置されたものを指す。また、レーザー・ダイオードとしては、例えば、波長395nmから415nmの青色レーザー・ダイオードが用いられる。以降では、この発明に係る上記改良について順に説明する。

#### 【0021】

#### 〔1. 窓ガラスの傾斜角度の最適化—多重反射の抑止〕

第1の改良点は、半導体レーザーの窓ガラスを所定方向に所定の角度だけ傾斜させることである。図1は、一般的なレーザー・ダイオード（半導体レーザー素子）1と、半導体レーザー内の関連する構成要素を概略的に示したものである。レーザー・ダイオード1は、レーザー光の発光部を含む活性層2と、活性層2の上下にある層3および層4から構成される。層3は、例えば、P型クラッド層およびコンタクト層等からなり、層4は、N型クラッド層およびガイド層等からなる。また、半導体レーザー素子の低アスペクト比実現のため、P型クラッド層と活性層2の間に、電子障壁層および中間層を導入しても良い。

#### 【0022】

さらに、レーザー・ダイオード1の下側には、レーザー・ダイオード1の動作時の発熱を熱伝導によって拡散させるヒートシンク5が配置されている。ヒートシンク5の材料としては、熱伝導が高く、かつ電気絶縁性、熱膨張性にすぐれた材料が必要となる。



## 【0023】

活性層 2 の発光面 8 からのレーザ光 7 は、窓ガラス 6 を介して外部に放射される。赤等のレーザ・ダイオードを用いた外部共振器型半導体レーザでは、窓ガラス 6 を外して使用することが可能であるが、青色レーザ・ダイオードをそのようにすると、劣化する恐れがある。そのため、窓ガラス 6 は、レーザ・ダイオード 1 を外部の空気から遮断するように、レーザ・ダイオードを密閉する。

## 【0024】

図 2 は、図 1 で示したレーザ・ダイオード 1 と、ヒートシンク 5、窓ガラス 6 等を別の角度から示した図である。ここで、図 1 を正面図とすれば、図 2 は平面図になる。レーザ・ダイオード 1 からのレーザ光 7 は窓ガラス 6 を介して、外部に放出される。また、図 1 に示す活性層 2 の発光面 8 の形状が長方形の場合は、小さい方の辺の広がり角が大きくなるので、レーザ光 7 のビームの断面形状は一般的に楕円形となる。

## 【0025】

図 1 および図 2 に示すように、窓ガラス 6 と活性層 2 の発光面 8（レーザ端面）が平行であるとき、窓ガラスによる反射が生じ、これらの間の多重反射により、単一モード特性が劣化する。このときの波長とレーザ・ダイオード 1 の出力パワー（光強度）の関係が、図 3 に示されている。図 3 の横軸は波長（nm）であり、縦軸は光強度（出力パワー（μW））である。ただし、縦軸の値は、測定器の入力部である光ファイバが受光したパワーであり、レーザが実際に発光している値の数千分の 1 程度の値である。

## 【0026】

図 3 に示すように、波長が 408.00 nm となる近辺で出力パワーが一気に上昇しており、この部分だけを見れば良好な単一モード特性を示しているように見える。しかしながら、波長が 408.00 nm から 408.50 nm の間において、最大で 0.1 μW 程度の出力パワーのレーザ光がいくつか計測されており、全体としては単一モードが実現されていないと判断される。

## 【0027】

そこで、この窓ガラスによる多重反射を抑止するため、窓ガラスを所定の方向に所定の角度だけ傾斜させる。図 4 は、このようにして改良された外部共振器型半導体レーザの例を示している。図 4 は、図 1 と同じ方向で外部共振器型半導体レーザを現すものである。

## 【0028】

図 4 に示す第 1 の軸 18A は、レーザ・ダイオード 11 の活性層 12 と他の層との境界面の少なくとも 1 つと平行な面に対してほぼ垂直であり、第 2 の軸 18B は、レーザ・ダイオード 11 の活性層 12 と他の層との境界面の少なくとも 1 つに対してほぼ平行で、レーザ・ダイオード 11 の発光面 19 に対してほぼ平行で、かつ第 1 の軸 18A と直交する。

## 【0029】

この例では、窓ガラス 16 の面を、第 2 の軸 18B に対しては平行で、かつ第 1 の軸 18A に対しては平行とならないように、レーザ・ダイオード 11 の発光面 19 に対して傾斜させる。ここで、第 1 の軸 18A と窓ガラス 16 の面のなす角を A とする。この場合 A は、例えば、1° といった僅かな角度である。

## 【0030】

例えば、窓ガラス 16 の面を第 1 の軸 18A に対して 1.6° 傾けると（すなわち、A を 1.6° にすると）、0.15 λ P-V となってしまい実用にならない。その意味では、窓ガラス 16 の面の傾斜角度 A の許容範囲は極めて狭い。また、図 4 の例では、窓ガラス 16 は、上側の方がレーザ・ダイオード 11 に近くなるように傾けられているが、逆に、下側の方をレーザ・ダイオード 11 に近づけるように傾けることもできる。

## 【0031】

一方、図 5 には、窓ガラスを所定の方向に所定の角度だけ傾斜させる別の例が示されている。図 5 は、図 2 と同じ方向で外部共振器型半導体レーザを現すものである。また、図 5 に示すレーザ・ダイオード 21 は、図 4 に示すレーザ・ダイオード 11 と同様、活性層

12、および層13、14に対応する複数の層を有する構造となっている。

#### 【0032】

図5に示す第1の軸28Aは、レーザ・ダイオード21の活性層と他の層との境界面の少なくとも1つと平行な面に対してほぼ垂直であり、第2の軸28Bは、レーザ・ダイオード21の活性層と他の層との境界面の少なくとも1つに対してほぼ平行で、レーザ・ダイオード21の発光面29に対してほぼ平行で、かつ第1の軸28Aと直交する。第1の軸28Aは、図4の第1の軸18Aに対応し、第2の軸28Bは、図4の第2の軸18Bに対応する。

#### 【0033】

この例では、窓ガラス26の面を、第1の軸28Aに対しては平行で、かつ第2の軸28Bに対しては平行とならないように傾斜させる。ここで、第2の軸28Bと窓ガラス26の面のなす角をBとする。

#### 【0034】

このBを、例えば、 $5^{\circ}$ 以上とすると、多重反射が減少し、良好な単一モード特性が得られる。ただし、窓ガラス26を傾斜しすぎると、窓ガラス26による収差が大きくなり、レーザの収差特性が劣化する。

#### 【0035】

波面収差 (Wavefront Quality) が  $1/e^2$  の領域 (すなわち、中心に対して、光強度が  $1/e^2$  に落ちた周辺の領域) において、 $0.15\lambda$  P-V以下とするには、上記傾斜角度を  $12^{\circ}$  以下に抑える必要があり、さらに、 $0.1\lambda$  P-V以下とするには、 $8^{\circ}$  以下に抑える必要がある。また、図5の例では、窓ガラス26は、上側の方がレーザ・ダイオード21に近くなるように傾けられているが、逆に、下側の方をレーザ・ダイオード21に近づけるように傾けることもできる。

#### 【0036】

前述のように、青色レーザ・ダイオードは、密封していないとレーザ・ダイオードの劣化を招くので、通常は窓ガラスは必須の構成要素となる。この改良は、そのような構成において、良好な単一モード特性を提供する。

#### 【0037】

図6は、窓ガラスを図5に示す態様で  $6^{\circ}$  傾斜させた場合 (すなわち、 $B=6^{\circ}$ ) の、波長と出力パワーとの関係を示すグラフである。波長406.94付近を中心に良好な単一モード特性が得られていることが分かる。

#### 【0038】

[2. グレーティング入射波の最適化—グレーティングの反射率の向上]

レーザ・ダイオードから出射されるレーザ光のうち、グレーティングで反射する0次光は、外部へ出射されるが、この0次光が、ホログラフィメモリ用ライタ等、様々な用途に利用されるので、大きなパワーである方が好ましい。この0次光は、ミラーのように反射するので、これがS波かP波かによって反射率が大きく異なる。

#### 【0039】

P波には、プリユスターアングルが存在し、上記外部共振器型半導体レーザの構成のように、グレーティングに対して斜めに入射する場合は反射率が低い。これとは逆に、S波は斜め入射によって反射率が上がる。従って、グレーティングにはS波を入射させるようにすることによって、より大きなパワーを得ることができる。このように、S波をグレーティングに入射させるには、半導体レーザの偏光方向とグレーティングの反射方向を考慮して両者の配置を調整することにより行われる。

#### 【0040】

[3. レーザ・ダイオードの構造の最適化—キンクの排除]

最終的に得られる単一モードのレーザ光の光源は、図1に示すようなレーザ・ダイオード1であるため、レーザ・ダイオード1には、要求されるレーザ光のパワー以上の出力パワーを求められる。すなわち、レーザ・ダイオード1は単独で (すなわち、フリーランの状態で)、レーザ光のパワー以上の出力パワーで発光している必要がある。

## 【0041】

実験によれば、外部に射出されるレーザ光のパワーは、窓ガラス、レンズ（コリメートレンズ）、グレーティングを経由する等の要因により、レーザ・ダイオード1の出力パワーの2/3程度になる。上述のように、ホログラフメモリ用ライタ等の用途では、単一モードで30mW以上のパワーが必要であるから、少なくとも必要とされるレーザ・ダイオード1の出力パワーは、以下の式1によって求めることができる。

$$30 \text{ (mW)} \times 3/2 = 45 \text{ (mW)} \quad \dots \text{ (式1)}$$

なお、レーザ・ダイオード1の出力パワーの残りの1/3の大半は、グレーティングの1次回折光となってレーザ・ダイオード1に戻るため、外部に出射されない。

## 【0042】

上述のように、最終的に得られる単一モードのレーザ光として30mW以上のパワーを得るために、レーザ・ダイオード1は45mW以上の出力パワーを必要とする。しかしながら、このパワーの全ての範囲に亘ってキンクが存在してはならない。キンクとは、モードの境界であり、キンク以下のパワーでは横単一モードのみの発光であったものが、キンク以上では、横多モードが混在する。横多モードが混在し始めると、外部共振器によって単一モードを実現するのは難しくなるので、上記レーザ・ダイオード1に求められる45mWの全ての範囲でキンクが存在しないことが望ましい。

## 【0043】

図7は、レーザ・ダイオード1の、電流(mA)と出力パワー(mW)との関係を示したグラフであり、この例では、キンクが出力パワー20mW付近に存在する。グラフから分かるように、レーザ・ダイオード1は、最初、ある程度電流を上げて出力パワーはゼロのままである。電流が約30mAになると、出力パワーが上昇し始め、以降は、基本的に、電流の上昇に比例して出力パワーが上昇する。しかしながら、出力パワーが20mW付近（電流が約50mA）において、電流が上昇しても出力パワーが上昇しない箇所がある。これは、レーザ・ダイオード1が同じ波長のレーザ光を出力しながらも、モードが変化したことを示しており、ここがキンクとなる。

## 【0044】

こうしたキンクの存在は、上述のように、単一モード実現のためには好ましくなく、存在を排除するか、または、存在しても出力パワーが45mW以上の箇所であるようにする必要がある。

## 【0045】

そのために、レーザ・ダイオード30のチップ構造を図8に示すように構成する。この構成は、「100mWキンクフリー、低アスペクト比青紫色半導体レーザ」、水野 崇 他、Proceedings of the 11th Sony Research Forum (2001)で提案されているものである。

## 【0046】

この構成では、サファイア基板31上に、ELOにより低欠陥密度領域を有するn-GaN層33を作製した後、Nクラッド層34、ガイド層35、活性層36、中間層37、電子障壁層38、Pクラッド層39、コンタクト層41を連続的に結晶成長する。ここで、例えば、Nクラッド層34は、n-AlGaNクラッド層、ガイド層35は、n-GaNガイド層、活性層36は、GaInN多重量子井戸活性層、中間層37は、GaInN中間層、電子障壁層38は、p-AlGaN電子障壁層、Pクラッド層39は、p-GaN/AlGaN超格子クラッド層、コンタクト層41は、p-GaNコンタクト層である。また、P電極43には、例えば、Pd/Pt/Auを、N電極42には、Ti/Pt/Auを採用している。

## 【0047】

さらに、この構成では、コンタクト層（リッジ）41の側面を、例えば、SiO<sub>2</sub>層とSi層といった2層構造の絶縁膜で埋め込んだ、リッジ側面埋め込み層40が形成されている。横単一モードのレーザ光は、レーザ・ダイオード30の各層の境界の方向に沿って拡散する（広がる）ことは少ないが、横多モードのレーザ光は当該方向に拡散する。従って、リッジ側面埋め込み層40は、横単一モードのレーザ光をほとんど吸収せず、横多モ

ードのレーザ光を選択的に吸収する。その結果、キンクの発生が抑止され、悪くても出力パワーの高い位置で発生するようになる。

#### 【0048】

また、ここでは、概ねコンタクト層の幅に対応するストライプ幅 $W$ は、 $1.6\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。この幅が狭いと、横多モードのレーザ光が存在し難くなるためである。

#### 【0049】

[4. レーザ・ダイオード発光端面の反射率の適正化－1次回折光の効率的な受光]

図1に示すようなレーザ・ダイオード1の発光部の材質は屈折率が高いので、発光面8で外部からの光を反射する特性がある。しかしながら、この反射率は表面にコーティングを施すことにより、ほぼ0%にまで下げることできる。発光面8は、グレーティングからレーザ・ダイオード1に戻ってきた1次回折光を受光する面であり、この発光面8の反射率が高くなるほど、当該1次回折光の受光量が減少する。

#### 【0050】

実験では、0%ないし10%の反射率の発光面を用いることによってレーザ光の単一モードが実現された。ただし、この中でも、反射率の高い発光面では、単一モード化するための調整が困難であり、反射によって、グレーティングから戻ってきた1次回折光を無駄にしている部分が多い。一方、あまり低い反射率の発光面を要求すると、コーティングをする際の歩留まりが低下する危険性がある。これらを総合的に考慮すると、レーザ・ダイオード1の発光面の反射率は3%以下が望ましい。

#### 【0051】

[5. コリメートレンズの開口数の適正化－1次回折光の効率的な受光]

コリメートレンズは、図10、図11から分かるように、レーザ・ダイオードとグレーティングの間に配置されるレンズである。コリメートレンズの開口数(N.A: Numerical Aperture)が例えば、0.19といった小さな値であると、グレーティングから戻った1次回折光が、このコリメートレンズであまり絞られず、ある程度広がった状態でレーザ・ダイオードの発光面8に受光され、1次回折光の一部しかレーザ・ダイオードに戻ってこない。その結果、単一モードの実現が困難になる。

#### 【0052】

これが、例えば、0.4や0.6といった開口数の場合、単一モード化は容易である。また、より開口数の高いレンズでも単一モード化が容易であると予想できるが、高開口数のレンズは作製が困難である。これらを総合的に考慮すると、コリメートレンズの開口数は、0.3ないし0.7程度が望ましい。

#### 【0053】

[6. 外部共振器長の最適化]

外部共振器長とは、図10、図11に示されるような外部共振器型半導体レーザにおいて、例えば、レーザ・ダイオードのような半導体レーザ素子からグレーティングまでの距離のことである。10mm、15mm、20mm、25mm、30mmの各距離で実験を行った結果、いずれの距離においても同等の安定性が得られた。このことから、外部共振器長は、10mmないし30mmが好ましい。ここで、外部共振器長は、窓ガラス、レンズの屈折率等を考慮した光学距離を表す。

#### 【0054】

また、理論上は、外部共振器長の短い方がモードホップ（他のモードに変わってしまうこと）が発生し難い。従って、これらを考慮すると、設計上の支障がなければ、外部共振器長を10mmないし20mmとすることが、より好ましい。

#### 【0055】

[7. グレーティングの1次回折光反射率の最適化]

1次回折光の反射率が20%および40%のグレーティングについてそれぞれ実験をすると、単一モード化に関してはほぼ同等の特性が得られた。1次回折光は、前述のように、レーザ・ダイオードに戻して単一モード化させるために利用されるので、ある程度の光

量は必要だが、多すぎるとレーザ・ダイオードへのダメージや出射光（0次光）の減少につながる。そのため、適切な反射率として10%ないし30%を設定する。

#### 【0056】

これまで、青色レーザ・ダイオードを用いた外部共振器型半導体レーザを例に説明してきたが、第3の改良（レーザ・ダイオードの構造の最適化—キンクの排除）を除く、全ての改良を、他の半導体レーザ素子を用いた外部共振器型半導体レーザに適用することも可能である。

#### 【0057】

また、これまで説明してきたそれぞれの改良は、従来の外部共振器型半導体レーザより大きな出力を実現すること、および良好な単一モード特性が得られることの両方あるいは一方を目的としたものであり、理想的な外部共振器型半導体レーザを実現するためには、上記全ての改良を全て組み合わせて実施することが望ましい。しかしながら、これらのうち1つを単独で、あるいは、これらのうちいくつかを任意に組み合わせることによっても、上記目的をある程度まで達成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0058】

【図1】 一般的なレーザ・ダイオードおよび関連要素を示す略線図である。

【図2】 図1のレーザ・ダイオードおよび関連要素を別の角度から見た略線図である。

。【図3】 単一モードが実現されていない場合の、波長と出力パワーの関係を示すグラフである。

【図4】 この発明の改良を施した外部共振器型半導体レーザの例を示す略線図である。

。【図5】 この発明の改良を施した外部共振器型半導体レーザの他の例を示す略線図である。

【図6】 この発明の改良によって単一モードが実現されている場合の、波長と出力パワーの関係を示すグラフである。

【図7】 キンク発生の例を表すグラフである。

【図8】 キンクの発生を抑止するためのレーザ・ダイオードの構成例を示す略線図である。

【図9】 外部共振器型半導体レーザの動作原理を説明するための略線図である。

【図10】 従来のレーザ・システムの構成を示す略線図である。

【図11】 図10のレーザ・システムの側面の構成を示す略線図である。

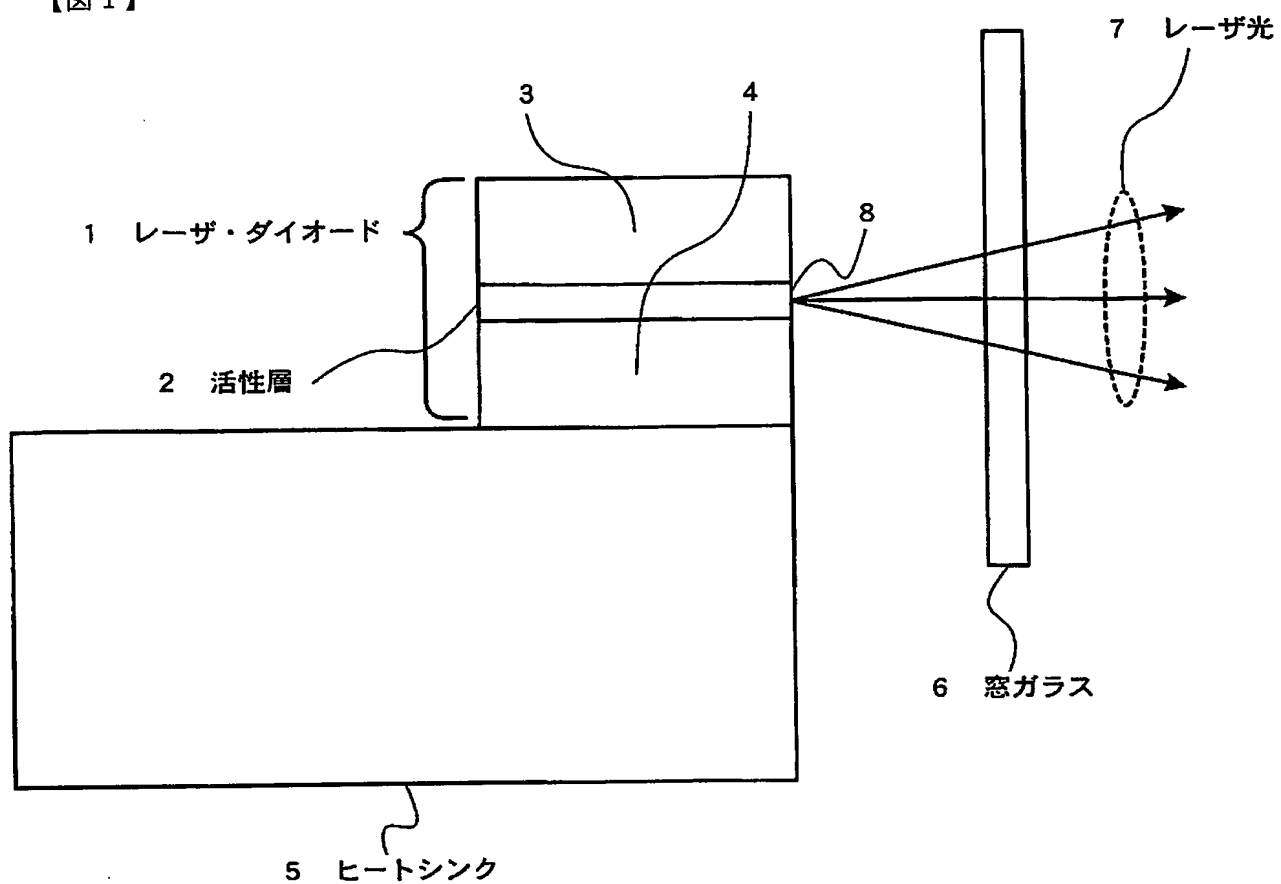
#### 【符号の説明】

#### 【0059】

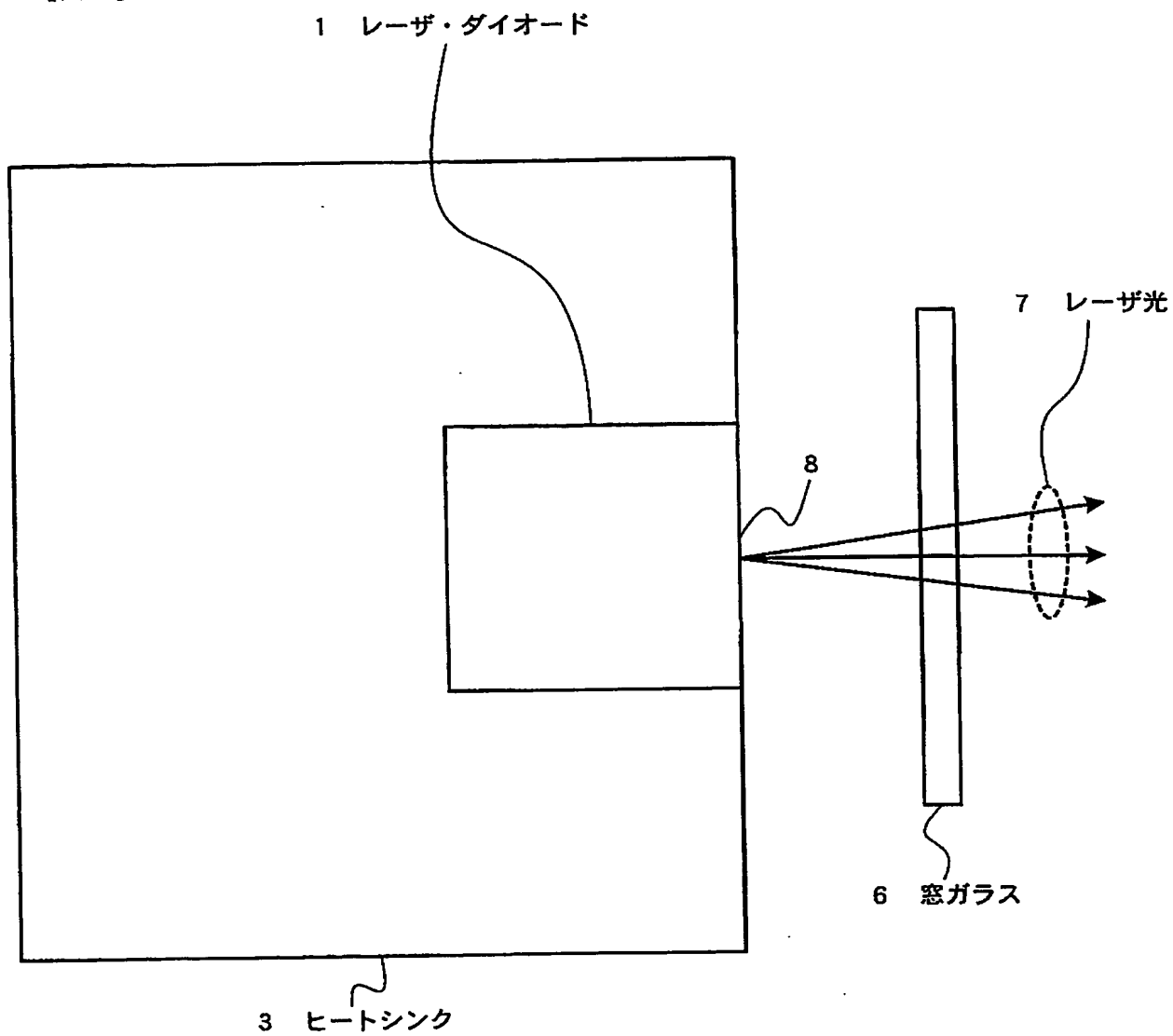
11, 21, 30・・・レーザ・ダイオード、12, 36・・・活性層、16, 26・・・窓ガラス、17, 27・・・レーザ光、40・・・リッジ側面埋め込み層

【書類名】 図面

【図 1】

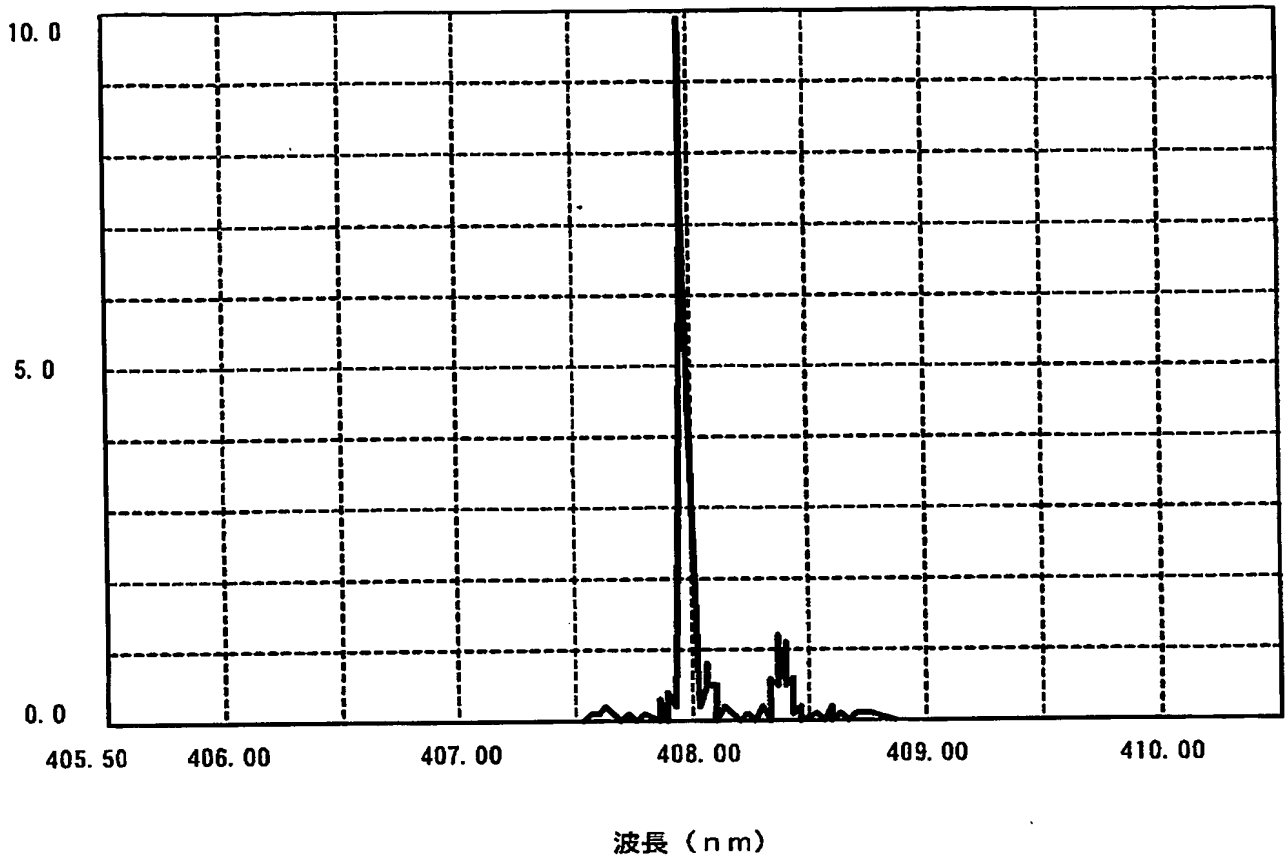


【図 2】



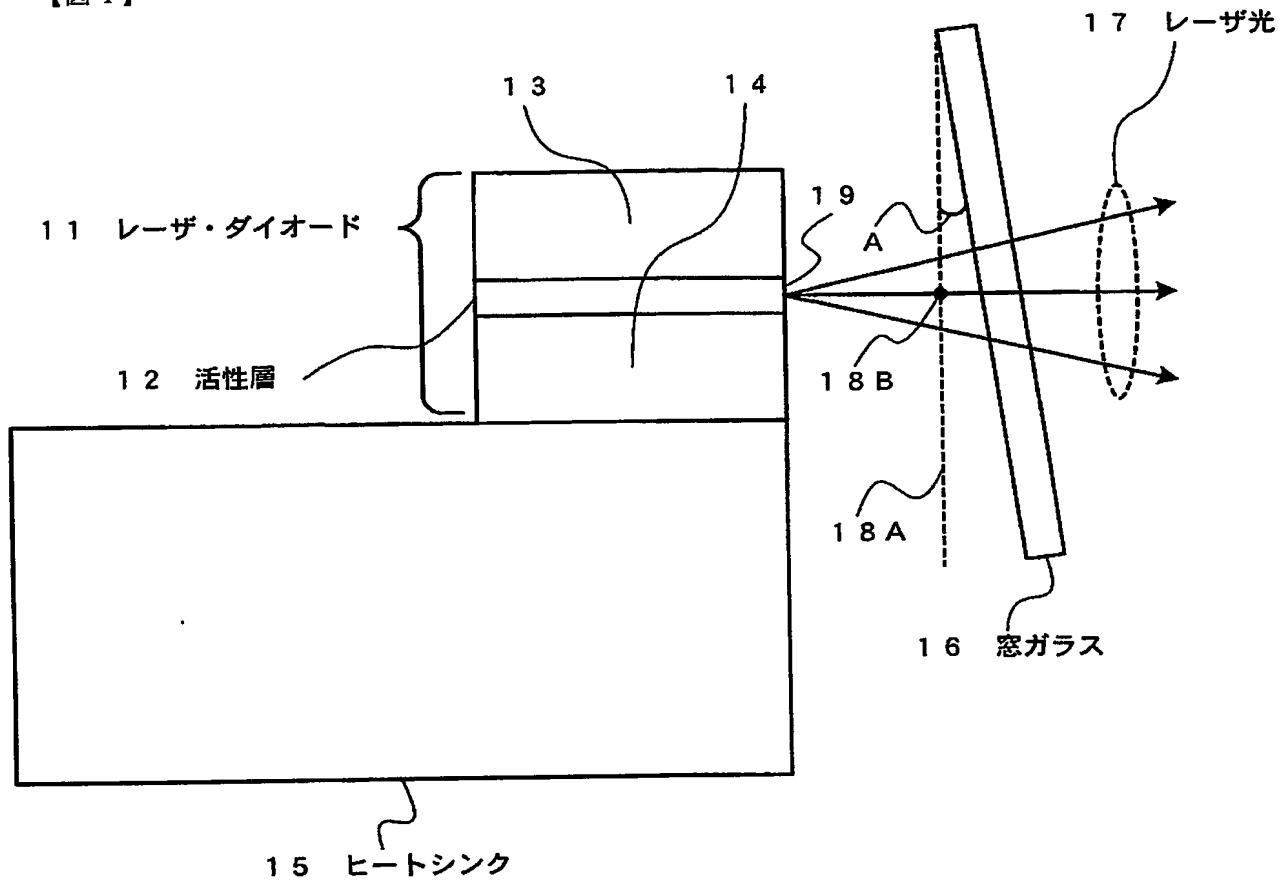
【図 3】

出力  
パワー  
( $\mu\text{W}$ )

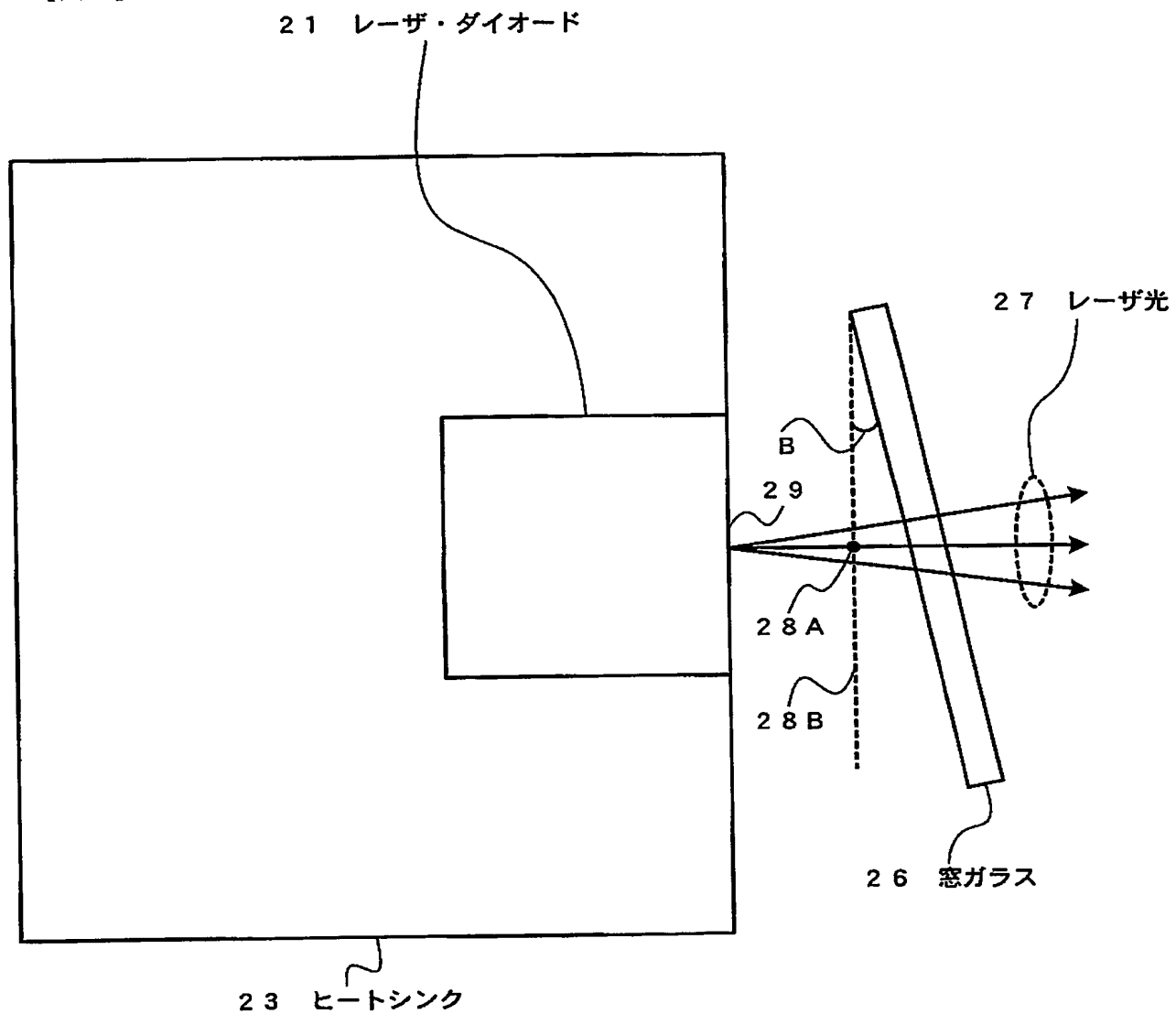




【図 4】

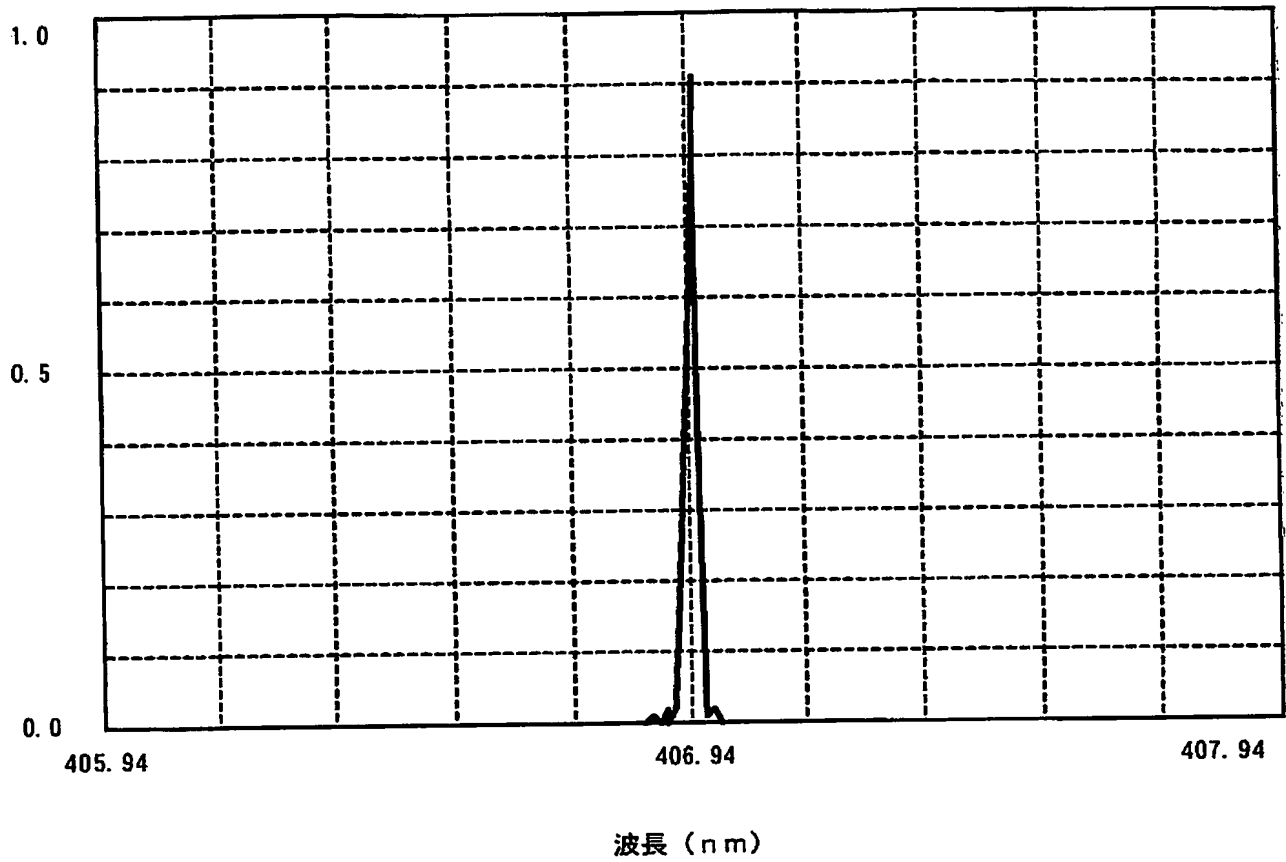


【図 5】

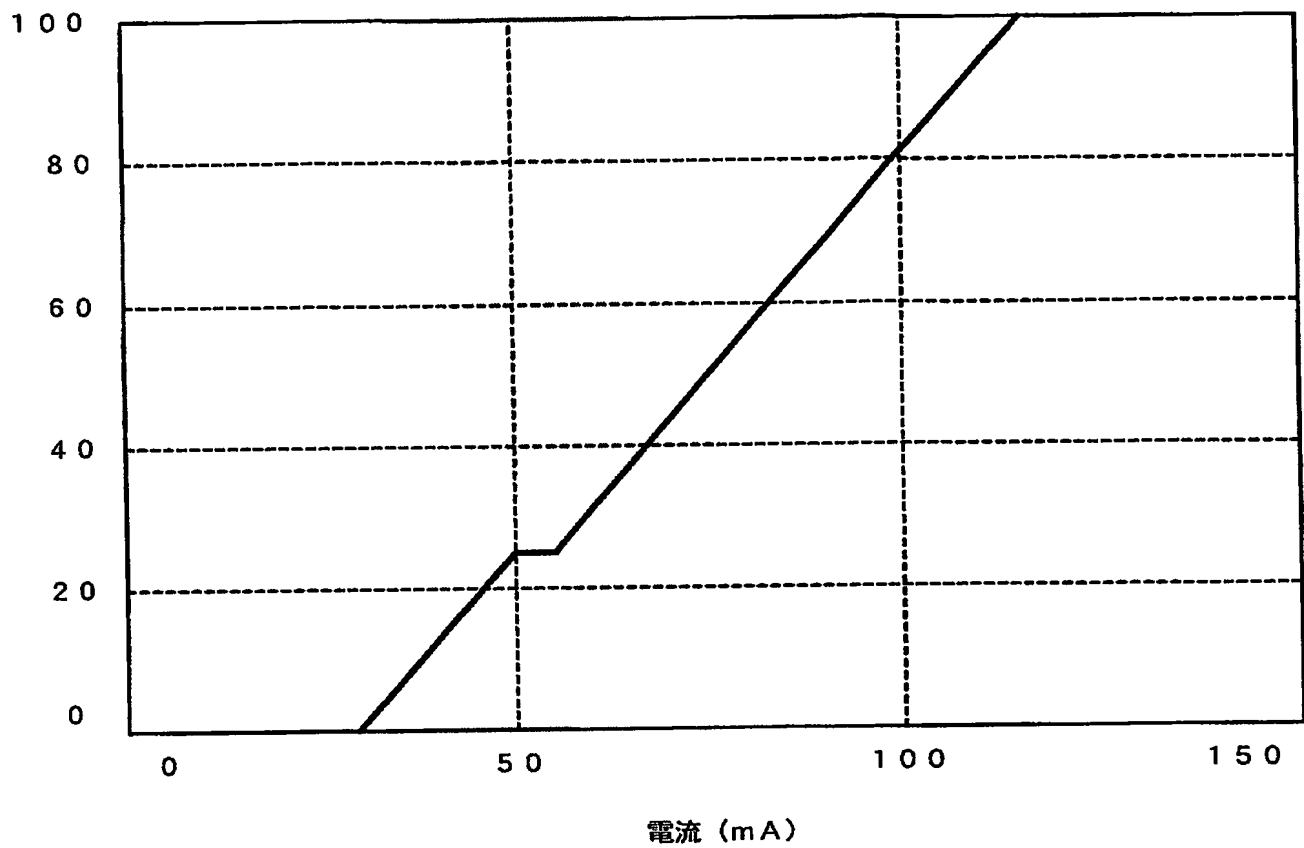


【図 6】

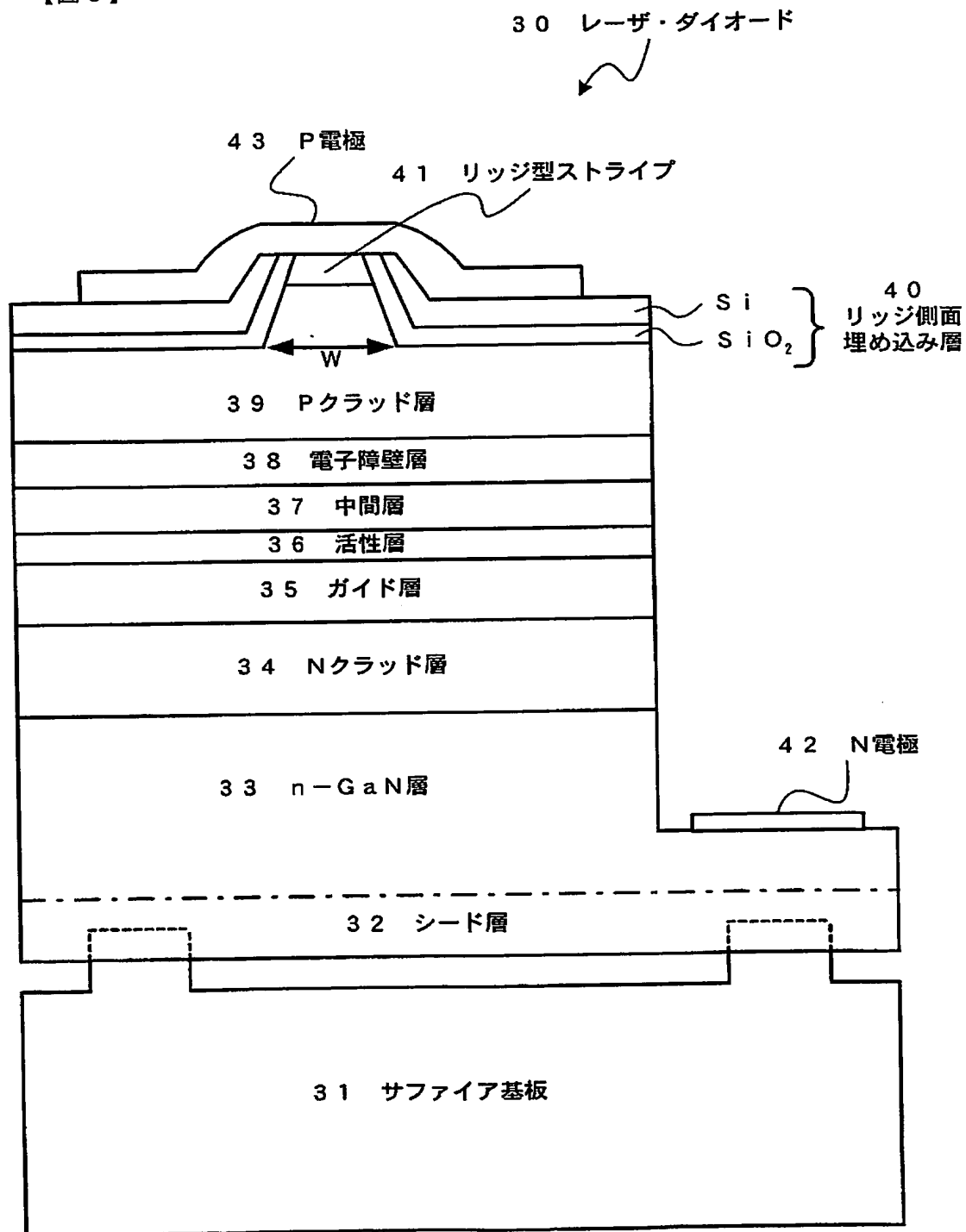
出力  
パワー  
( $\mu\text{W}$ )



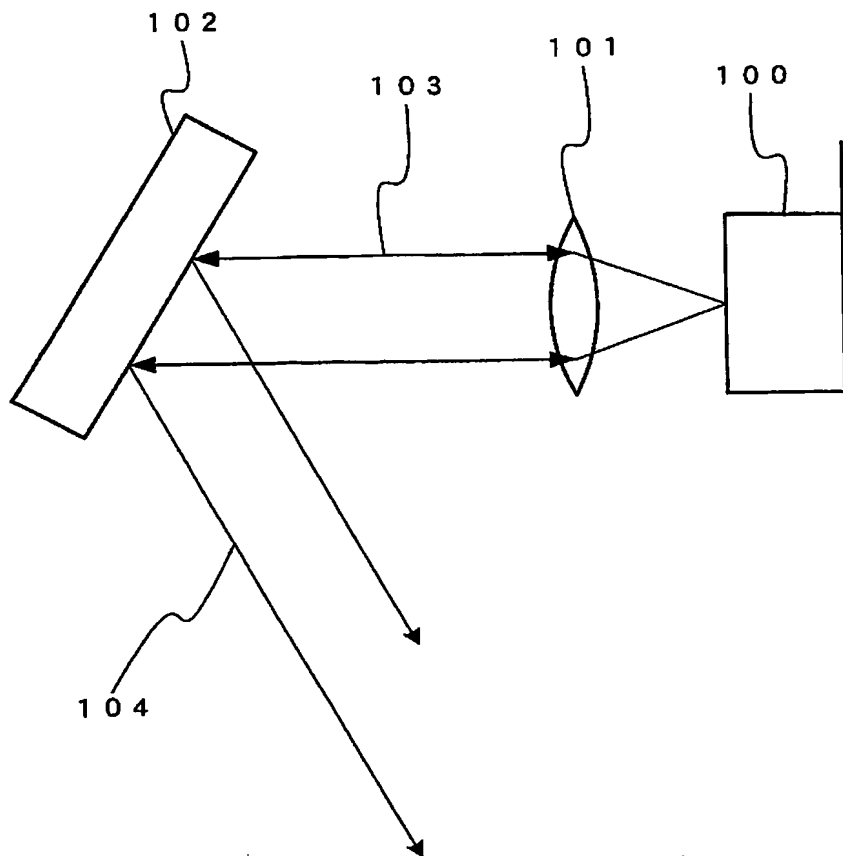
【図 7】

出力  
パワー  
(mW)

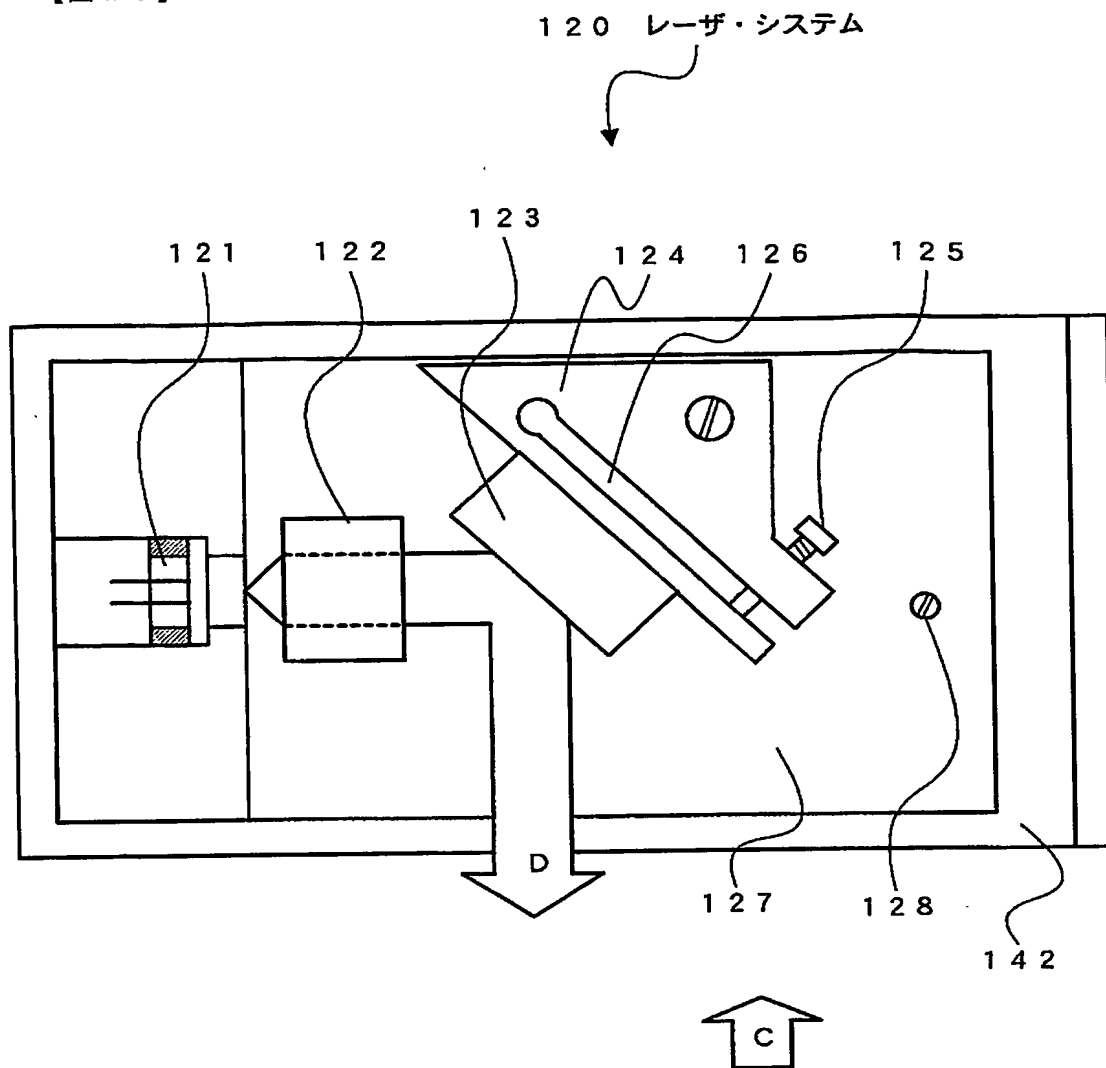
【図 8】



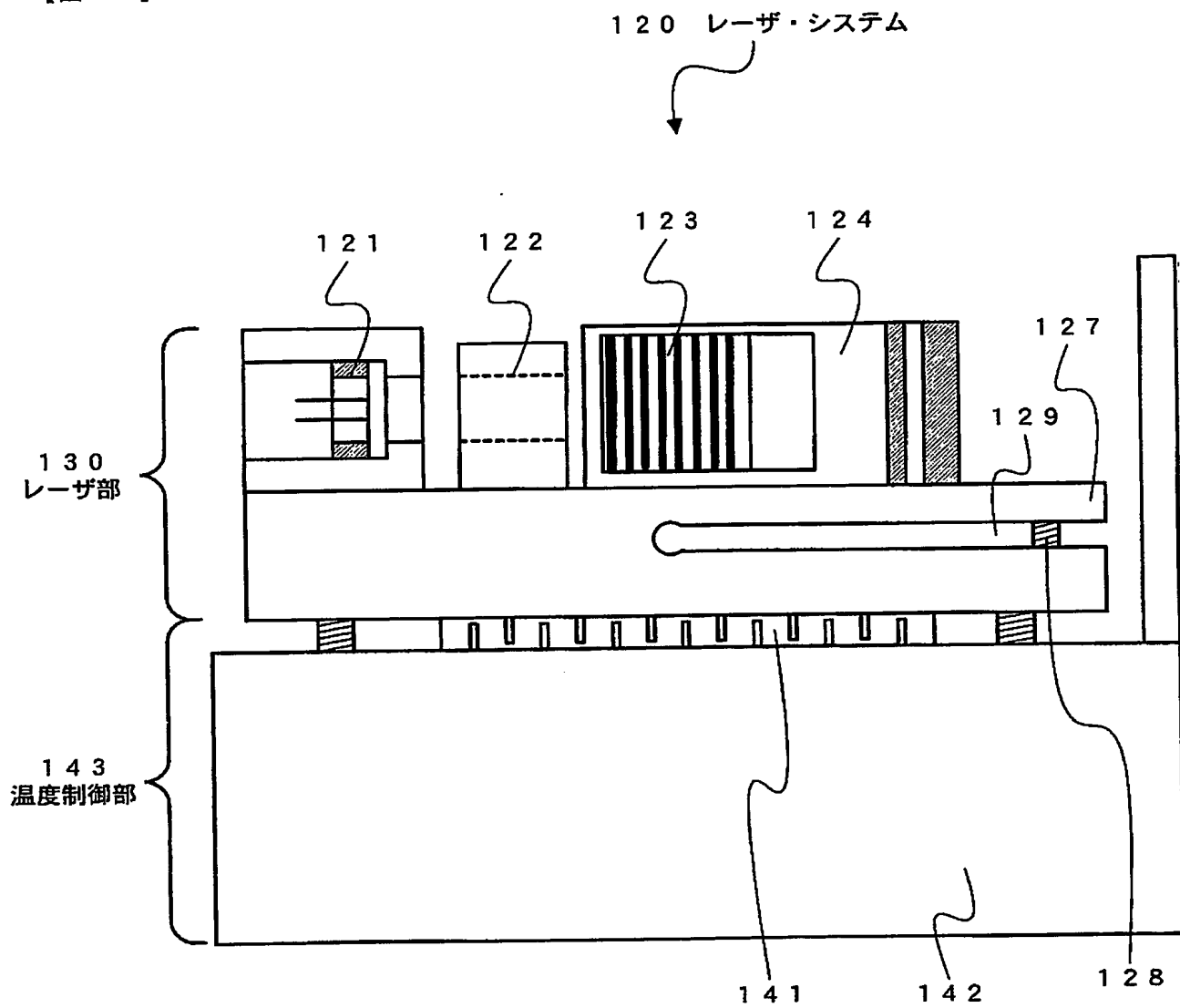
【図 9】



【図 10】



【図 11】





## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 従来の外部共振器型半導体レーザより出力が大きく、または良好な単一モード特性が得られる外部共振器型半導体レーザを提供することにある。

【解決手段】 レーザ・ダイオード11、窓ガラス16、グレーティング、およびレンズを有する外部共振器型半導体レーザにおいて、いくつかの改良を施す。第1の改良点は、窓ガラス16をレーザ・ダイオード11の発光面19に対し所定の角度だけ傾斜させることである。第2の改良点は、グレーティングに対してS波が照射されるようにレーザ・ダイオード11等の配置を調整することである。第3の改良点は、レーザ・ダイオード11を、出力パワーが45mW以下の場合に、キンクの発生を抑止するよう構成することである。他の改良点は、レーザ・ダイオード11の発光面の反射率、レンズの開口数、外部共振器長、グレーティングにおける1次光反射率をそれぞれ適切な値に最適化することである。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 3 - 4 0 4 6 9 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名 ソニー株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**